

Investigación en Ingeniería de Software en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas.

Software Engineering Research at the University of Informatics Sciences

Msc. Julio Cesar Diaz Vera.

Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba

jcdiaz@uci.cu

Resumen.

Los procesos de investigación en Ingeniería de Software en Cuba carecen de suficiente claridad, principalmente por el nivel de madurez alcanzado en esta disciplina. Este elemento dificulta la capacidad de los investigadores noveles para diseñar sus propias estrategias de investigación o reconocer investigaciones de excelencia. En este trabajo se caracterizan las estrategias de investigación en la Universidad de Ciencias Informáticas, se comparan con las estrategias utilizadas internacionalmente y se determina el nivel de madurez de la investigación relacionada con esta área del conocimiento en la universidad. Los resultados alcanzados constituyen una contribución para el diseño de las investigaciones en Ingeniería de Software y la presentación de sus aportes con mayor claridad e impacto.

Palabras clave: Investigación en ingeniería de software, procesos de investigación.

Abstract

Cuban Software Engineering research processes lack of enough clarity, mainly because of the maturity level reached in this discipline. This element diminishes the capacity of junior researchers to design their own research strategies or to recognize excellence research. In the present paper research strategies at the University of Informatics Sciences are characterized, they are compared with the strategies used internationally, and the level of maturity of research related to this area of knowledge at the university is determined. The obtained results become a contribution to the design of Software Engineering research and the presentation of their outcomes with more clarity and impact.

Key words: Software engineering research, research processes.



Introducción.

La carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas fue introducida en Cuba con la misión de formar en el país especialistas de la rama de la informática capaces de trabajar en la concepción, desarrollo y mantenimiento de software; tanto en empresas de producción industrial, como en otras organizaciones que desarrollen su propio software (UCI, 2010). El inicio de la carrera fue la materialización de un grupo de ideas, del Comandante en Jefe Fidel Castro, que sentaron las bases fundacionales de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) dentro de ellas se destacan: "... convertir la informática en una de las ramas más productivas y aportadoras de recursos para la nación...", "... el empleo a fondo de la inteligencia y del capital humano que tenemos y principalmente del que podemos crear casi como espina dorsal de la economía." Un elemento clave para la concreción de las ideas fundacionales de la UCI está asociado a la investigación científica y tecnológica reflejado en la concepción del modelo de integración entre los procesos de formación desarrollo e investigación que rigen la misma.

La Ingeniería de Software (IS) es una de las disciplinas, en la rama de la computación, reconocidas dentro de las guías para los "*curriculum*" en Ciencias de la Computación (ACM/IEEE, 2008) y dado su objeto de estudio: los métodos para el desarrollo efectivo y eficiente de sistemas de software que satisfagan los requisitos de los clientes y los usuarios (ACM/IEEE, 2008), constituye un elemento clave en la formación de los graduados UCI y en las investigaciones que en la universidad se llevan a cabo.

Debido a su relativamente corta existencia la IS (a diferencia de otras ciencias: matemática, química, ciencias sociales etc.) no dispone de un proceso de investigación consolidado que permita reconocer qué es una buena investigación dentro del campo. La mayoría de los investigadores en IS no describen el paradigma de investigación utilizado o los estándares a partir de los cuales se mide la calidad de las investigaciones desarrolladas. A pesar de que se han realizado algunos intentos de cumplimentar este vacío (Redwine, Becker, Marmor-Squires, Martin, & Nash, 1984), (Redwine, Jr. & Riddle, 1985), (Shaw, 2001), (Shaw, 2002), (Shaw, 2003) y (Montesi & Lago, 2008) los resultados alcanzados no han sido suficientes para que la comunidad de investigadores alcance una posición común.

Con la mira puesta en elevar la producción científica en el área de la IS los investigadores, sobre todos los noveles, de la Universidad de las Ciencias Informáticas requieren de estrategias de investigación y redacción científica acordes con lo aceptado internacionalmente de manera que puedan elevar la calidad de las investigaciones desarrolladas.

En este trabajo se caracterizan las estrategias de investigación en IS utilizadas por los especialistas de la UCI tomando como base de las mismas las actas del V Taller de Calidad, Ingeniería, Arquitectura y Gestión de Software («V Taller de Calidad, Ingeniería, Arquitectura y Gestión de Software», 2010) se comparan las referidas estrategias con resultados de estudios similares realizados en (Shaw, 2002) y (Cañete, 2002). Además se caracterizan las estrategias de investigación internacionales a partir de las actas de la 33 Conferencia Internacional de Ingeniería de Software («ICSE '11», 21-May 28) con lo cual se presenta una panorámica de la evolución en la investigación de IS desde los trabajos de Mary Shaw (Shaw, 2002), (Shaw, 2003) hasta la fecha, permitiendo encontrar las diferencias significativas entre las estrategias de investigación en la UCI y las estrategias más populares a nivel internacional. Sobre la base de estos resultados se determina el grado de madurez de la investigación en IS en la UCI.

Materiales y métodos.

La principal diferencia entre ciencia e ingeniería radica en su objeto de estudio; mientras la ciencia estudia aspectos naturales para saber “cómo son las cosas” la ingeniería procura determinar cómo “deberían ser las cosas” para que hagan posible el desarrollo de nuevos objetos. La ciencia tiene como objeto de estudio objetos y fenómenos existentes mientras que la ingeniería centra su atención en cómo crear nuevos objetos.

Tanto ciencia como ingeniería comparten su interés en la obtención de nuevo conocimiento aunque difieren en el método que aplican para obtener el conocimiento. Las ciencias ponderan el uso de métodos empíricos (inductivo e hipotético deductivo) o deductivos (Descartes, 1987). Por otra parte en ingeniería se hace uso del método ingenieril definido en (Koen, 1985) como la estrategia para lograr el mejor cambio, con los recursos disponibles, en una situación incierta o de bajo entendimiento planteando además que esta estrategia está indisolublemente asociada al uso de heurísticas.

La IS tiene una característica particular en cuanto a su objeto de estudio el cual, como se ha expresado anteriormente, consiste en los métodos para el desarrollo de software. Inicialmente los métodos no existen, “no son cosas naturales” y por tanto no pueden ser estudiados siguiendo el paradigma de la ciencia y debe usarse la aproximación ingenieril que permita determinar cómo “deberían ser”(Marcos & Marcos, 1998). Pero una vez creados, estos métodos pasan a ser objetos “naturales” que pueden y deben ser analizados siguiendo el paradigma de la ciencia. Quizás en esta particularidad radica en gran medida la dificultad que ha tenido la comunidad de investigadores para acordar un paradigma de

investigación en IS a tal punto que esta temática se ha convertido en un área de investigación en si misma (Marcos, 2002), (Finkelstein & Kramer, 2000), (Basili, 1996), (Chavarriaga & Arboleda, 2004), (Lázaro & Marcos, 2005), (Glass, Vessey, & Ramesh, 2002).

Con independencia del objeto de estudio o del método utilizado el proceso de investigación tanto en las ciencias como en las ingenierías puede ser caracterizado por el tipo de pregunta que se busca responder, los resultados que se ofrecen como respuesta a esas preguntas y los criterios utilizados para evaluar los resultados (Shaw, 2002). La conjunción de esas características determina la estrategia de investigación para cada problema particular.

En este trabajo se utiliza como modelo para describir las estrategias de investigación en IS el propuesto por Mary Shaw (Shaw, 2002), (Shaw, 2003). El modelo de Shaw fue compuesto a partir de estudios empíricos de las principales publicaciones en IS, su propio trabajo sobre la maduración de la arquitectura de software (Shaw, 2001) y sobre la base de la noción de madurez tecnológica propuesta por Redwine y Riddle (Redwine et al., 1984), (Redwine, Jr. & Riddle, 1985) centrándose en las fases de: *investigación básica*, *formulación de conceptos* y *desarrollo y extensión*. Ya que en ellas se desarrolla la investigación como elemento fundamental.

La tabla 1 presenta la caracterización de las preguntas de interés en las investigaciones de IS. En la tabla 2 son expuestos los tipos de resultados que se obtienen como respuesta a las preguntas y en la tabla 3 se pueden observar las validaciones utilizadas en Ingeniería de Software.

Tabla 1. Tipos de preguntas de interés en IS, tomado de (Shaw, 2002)

Tipo de pregunta	Ejemplos
Método de Desarrollo	¿De qué forma podemos hacer o desarrollar (o automatizar) X? ¿Cómo mejoramos la forma de hacer o construir X?
Método de Análisis	¿Cómo podemos evaluar la calidad o corrección de X? ¿Qué criterios permite elegir entre X e Y?
Diseño, Evaluación o Análisis de una Instancia particular	¿Cuál es el mejor diseño o implementación para X? ¿Qué es la propiedad X del artefacto o método Y? ¿Cómo podemos comparar X con Y? ¿Cuál es el estado o práctica actual de X?
Generalización, Caracterización	Dado X, ¿Qué será (necesariamente) Y? ¿Qué significa exactamente X? ¿Cuáles son las características importantes de X? ¿Qué es un buen modelo formal o empírico para X? ¿Cuáles son las variedades de X? ¿Cómo relacionarlas?
Factibilidad	¿Es posible la existencia de X? ¿Es posible cumplir X?

Tabla 2. Tipos de resultados de interés en IS, tomado de (Shaw, 2002)

Tipo de resultado	Ejemplos
Procedimiento o Técnica	Una forma nueva o mejor de hacer X, tales como diseño, implementación, mantenimiento, evaluación, selección de alternativas. Incluye técnicas operacionales para implementar, representar, analizar, etc.
Método Descriptivo o Cualitativo	Estructuración de un problema (estilos, framework, patrones, análisis de dominio no formales) Generalizaciones informales bien argumentadas Guías para integrar resultados.
Modelo Empírico	Modelo predictivo basado en muestreos.
Modelo Analítico	Modelo Estructural suficientemente preciso para soportar análisis formal o manipulación automática.
Notación, herramienta	Lenguaje formal para soportar técnicas o modelos (debe poseer un cálculo, una semántica, etc.) Herramienta que implementa una técnica
Solución particular	Solución a un problema que usa principios de ingeniería centrado más en el diseño que en la implementación. Análisis cuidadoso de un sistema o de su desarrollo. Diseño o implementación de un sistema que sirve de base para otros similares.

Respuesta, justificación	Resultado de un análisis específico, evaluación o comparación.
Informe	Observaciones interesantes

Tabla 3. Tipos de validación de interés en IS, tomado de (Shaw, 2002)

Tipo de validación	Ejemplos
Análisis	Hemos analizado nuestros resultados y los encontramos satisfactorios mediante ... análisis formal (derivación rigurosa y prueba) ... modelo empírico (experimento estadístico, uso controlado de datos).
Experiencia	Mis resultados han sido usados sobre ejemplos reales por otras personas y la evidencia de su corrección, utilidad o efectividad es ... un modelo cuantitativo... un modelo empírico... datos basados en la práctica... comparación con resultados similares actuales.
Ejemplo	Este es un ejemplo de cómo funciona sobre ... un ejemplo quizás motivado por la realidad o por un sistema en construcción.
Evaluación	Bajo los criterios establecidos, mis resultados ... (modelo descriptivo) describe adecuadamente el fenómeno de interés ... (modelo cualitativo) contabiliza el fenómeno de interés (modelo empírico) está capacitado para predecir ... porque o ... produce resultados que coinciden con los datos reales. Incluye estudios de factibilidad, proyectos pilotos, etc.
Persuasión	Hemos trabajado duro y con nuestra experiencia creemos ... (técnica) ... si usted lo hace de la siguiente forma ... (sistema) ... un sistema construido como éste podría ... (modelo) ... este modelo parece razonable ... Si la pregunta original fuese sobre factibilidad, un sistema funcionando, incluso sin análisis, puede ser persuasivo.
Opinión	No hay intentos serios de evaluar los resultados.



Resultados y discusión.

La tabla 4 muestra las estrategias de investigación seguidas por los autores de los artículos aceptados en las actas del V Taller de Calidad, Ingeniería, Arquitectura y Gestión de Software («V Taller de Calidad, Ingeniería, Arquitectura y Gestión de Software», 2010) y en las actas de la 33 Conferencia Internacional de Ingeniería de Software («ICSE '11», 21-May 28). Estos espacios son considerados representativos de la investigación en IS en la UCI y a nivel internacional respectivamente.

Tabla 4. Estrategia de investigación UCI e ICSE, elaboración propia.

Tipo de pregunta	Tipo de resultado	Tipo de validación	UCIENCIA	ICSE 2011
Método de desarrollo	Procedimiento, técnica	Análisis	4	15
Método de desarrollo	Procedimiento, técnica	Ejemplo	1	26
Método de desarrollo	Procedimiento, técnica	Experiencia	0	3
Método de desarrollo	Procedimiento, técnica	Persuasión	12	1
Método de desarrollo	Notación, herramienta	Análisis	0	5
Método de desarrollo	Notación, herramienta	Ejemplo	0	16
Método de desarrollo	Notación, herramienta	Experiencia	0	3
Método de desarrollo	Notación, herramienta	Persuasión	4	2
Método de desarrollo	Modelo Analítico	Análisis	0	2
Método de desarrollo	Modelo Analítico	Persuasión	0	1
Método de desarrollo	Modelo Empírico	Experiencia	0	1
Método de desarrollo	Método descriptivo o cualitativo	Análisis	1	3
Método de desarrollo	Método descriptivo o cualitativo	Ejemplo	0	2
Método de desarrollo	Método descriptivo o cualitativo	Persuasión	6	3
Método de desarrollo	Respuesta, justificación	Persuasión	0	1
Método de análisis	Método descriptivo o cualitativo	Análisis	0	2

Método de análisis	Método descriptivo o cualitativo	Ejemplo	0	8
Método de análisis	Método descriptivo o cualitativo	Experiencia	0	2
Método de análisis	Método descriptivo o cualitativo	Persuasión	2	1
Método de análisis	Modelo Empírico	Análisis	1	1
Método de análisis	Notación, herramienta	Análisis	0	7
Método de análisis	Notación, herramienta	Ejemplo	0	9
Método de análisis	Notación, herramienta	Persuasión	1	2
Método de análisis	Procedimiento, técnica	Análisis	3	10
Método de análisis	Procedimiento, técnica	Ejemplo	0	16
Método de análisis	Procedimiento, técnica	Experiencia	0	2
Método de análisis	Procedimiento, técnica	Persuasión	16	3
Método de análisis	Respuesta, justificación	Análisis	0	2
Método de análisis	Respuesta, justificación	Experiencia	1	0
Generalización Caracterización	Informe	Persuasión	0	2
Generalización Caracterización	Método descriptivo o cualitativo	Persuasión	0	1
Generalización Caracterización	Modelo Analítico	Ejemplo	0	1
Generalización Caracterización	Modelo Empírico	Análisis	1	6
Generalización Caracterización	Modelo Empírico	Experiencia	0	4
Generalización Caracterización	Procedimiento, técnica	Persuasión	0	1
Generalización Caracterización	Modelo Empírico	Análisis	1	6
Generalización Caracterización	Modelo Empírico	Experiencia	0	4
Generalización Caracterización	Modelo Analítico	Ejemplo	0	1
Generalización Caracterización	Método descriptivo o cualitativo	Persuasión	0	1
Generalización Caracterización	Informe	Persuasión	0	2

Diseño, Evaluación o Análisis de una Instancia Particular	Modelo Empírico	Experiencia	0	1
Diseño, Evaluación o Análisis de una Instancia Particular	Notación, herramienta	Análisis	0	3
Diseño, Evaluación o Análisis de una Instancia Particular	Notación, herramienta	Persuasión	0	2
Diseño, Evaluación o Análisis de una Instancia Particular	Respuesta, justificación	Persuasión	6	1
Diseño, Evaluación o Análisis de una Instancia Particular	Solución particular	Análisis	0	1
Diseño, Evaluación o Análisis de una Instancia Particular	Solución particular	Persuasión	25	1

La figura 1 presenta información sobre el porcentaje de trabajos, aceptados en ambos eventos, que corresponde a cada tipo de pregunta de interés en las investigaciones en Ingeniería del Software.

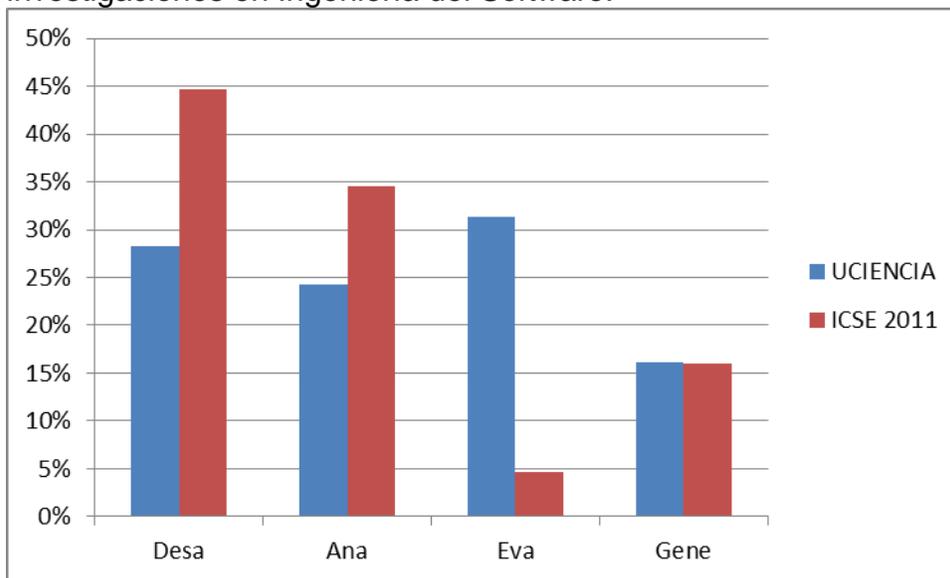


Figura 1. Tipos de pregunta presentados en UCIENCIA e ICSE 2011

La figura 2 contiene la información acerca del porcentaje de artículos que corresponden a cada tipo de resultado dentro de los presentados en ambos eventos.

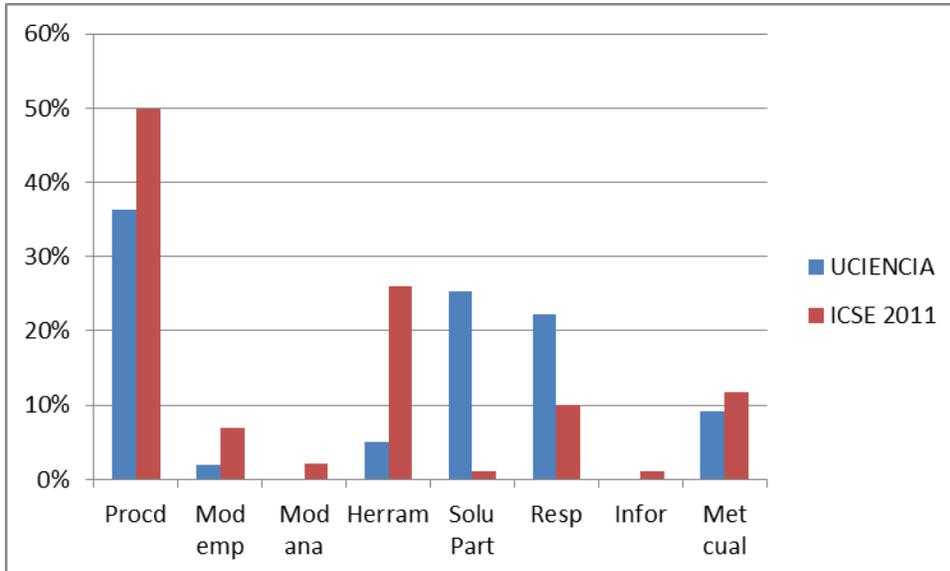


Figura 2. Tipos de resultados presentados en UCIENCIA e ICSE 2011

En la figura 3 se observan los porcentajes de cada tipo de validación para estos eventos.

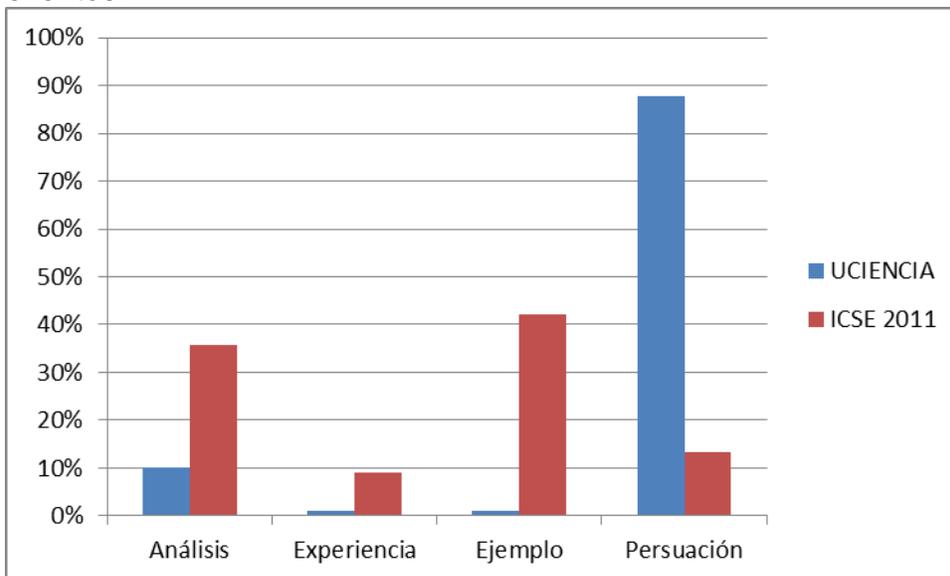


Figura 3. Tipos de validación presentados en UCIENCIA e ICSE 2011

El análisis de estos resultados se desprende un grupo de elementos interesantes; en primer lugar llama la atención el hecho de que a nivel internacional a penas se tiene interés en preguntas asociadas al diseño, evaluación o análisis de instancias particulares (Shaw, 2002), (Cañete, 2002) mientras que este tipo de preguntas

ocupan más del 30% de los trabajos presentados por los investigadores de la UCI. De igual forma las soluciones particulares ocupan el segundo lugar en importancia como tipo de resultado favorecido por los investigadores de la UCI y a nivel internacional son prácticamente inexistentes. Teniendo en cuenta el modelo de madurez propuesto por (Shaw, 2002) donde se plantea que el interés de la comunidad de Ingeniería de Software se ha ido desplazando, a medida que la disciplina madura, desde las preguntas asociadas a problemas de factibilidad hacia problemas de generalización donde son de especial interés el desarrollo de modelos formales. El interés de la comunidad de investigadores en IS de la UCI en problemas particulares es una evidencia clara de la inmadurez de la investigación en esta área. No obstante hay otra lectura asociada a la cantidad de trabajos que se ocupan de problemas asociados a métodos de desarrollo y análisis y la generación de procedimientos y técnicas para desarrollarlos que indican el camino a seguir para el perfeccionamiento de la investigación en la disciplina en la universidad, ya que estas preguntas constituyen el eje central de los investigadores a nivel internacional como se puede corroborar en los datos de la tabla 1 y las publicaciones (Cañete, 2002),(Shaw, 2002) .

Finalmente el elemento de mayor peso para afirmar que la investigación en IS se encuentra en un estado incipiente e inmaduro está dado por el hecho de que la mayoría de las investigaciones sujeta de análisis en este trabajo, por encima del 80%, utilizan mecanismos de validación asociados a la persuasión por parte del autor. Mientras que en las investigaciones a nivel internacional comienza a notarse un incremento sostenido del análisis como mecanismo de validación en detrimento de la utilización de ejemplos como arrojaron los trabajos de Mary Shaw(Shaw, 2003), (Shaw, 2002) en los cuales la validación por ejemplo equivalía al 37.5% mientras en que en este estudio se constató un decremento de la misma hasta valores por debajo del 10%.

Conclusiones.

A partir del estudio desarrollado se ha podido caracterizar la investigación en IS en la UCI comprobándose que las estrategias de investigación más utilizadas son las que resuelven un problema particular ya sea en el diseño, el análisis o la evaluación de una instancia dando como resultado una solución particular que es validada por persuasión de los autores. Estos resultados conforman la inmadurez del área en la UCI.

Los resultados obtenidos pueden ayudar a la reflexión de los investigadores actuales y servir de guía para el perfeccionamiento de sus estrategias de investigación al aportar elementos de comparación con las estrategias de investigación desarrolladas en estudios similares.

Bibliografía.

- ACM/IEEE. (2008). *Computer Science Curriculum 2008*.
- Basili, V. R. (1996). The role of experimentation in software engineering: past, current, and future. , *Proceedings of the 18th International Conference on Software Engineering, 1996* (pp. 442-449). Presentado en , *Proceedings of the 18th International Conference on Software Engineering, 1996*, IEEE. doi:10.1109/ICSE.1996.493439
- Cañete. (2002). ¿Qué se entiende, en España, por Investigación en Ingeniería del Software? *MIFISIS*.
- Chavarriga, J., & Arboleda, H. (2004). Modelo de Investigación en Ingeniería del Software: Una Propuesta de Investigación Tecnológica. *Proceedings of the 2º Workshop in Métodos de Investigación y Fundamentos Filosóficos en Ingeniería del Software y Sistemas de Información at the IV Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España*. (pp. 564-567).
- Descartes, R. (1987). *Discurso del método*. La Editorial, UPR.
- Finkelstein, A., & Kramer, J. (2000). Software engineering: a roadmap. *Proceedings of the Conference on The Future of Software Engineering, ICSE '00* (pp. 3–22). New York, NY, USA: ACM. doi:10.1145/336512.336519
- Glass, R. L., Vessey, I., & Ramesh, V. (2002). Research in software engineering: an analysis of the literature. *Information and Software Technology, 44*(8), 491-506. doi:10.1016/S0950-5849(02)00049-6
- Koen, B. V. (1985). *Definition of the Engineering Method*. ASEE Publications, Suite 200, 11 Dupont Circle, Washington, DC 20036 (\$7.00). Recuperado a partir de <http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/contentdelivery/servlet/ERICServlet?accno=ED276572>
- Lázaro, M., & Marcos, E. (2005). Research in software engineering: Paradigms and methods. *CAiSE Workshops* (Vol. 2, pp. 517–522).
- Marcos, E. (2002). Investigación en Ingeniería del Software vs. Desarrollo Software. *MIFISIS*.
- Marcos, E., & Marcos, A. (1998). An Aristotelian Approach to the Methodological Research: a Method for Data Models Construction. *Information Systems-The Next Generation*. Ed. L. Brooks and C. Kimble. Mc Graw-Hill, 532–543.
- Montesi, M., & Lago, P. (2008). Software engineering article types: An analysis of the literature. *J. Syst. Softw.*, 81(10), 1694–1714. doi:10.1016/j.jss.2007.11.723
- Proceeding of the 33rd international conference on Software engineering. (21-May 28). Waikiki, Honolulu, HI, USA.



- Redwine, S., Becker, L. G., Marmor-Squires, A. B., Martin, R. J., & Nash, S. H. (1984). *DoD Related Software Technology Requirements, Practices, and Prospects for the Future*. Recuperado a partir de <http://stinet.dtic.mil/oai/oai?&verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA145493>
- Redwine, Jr., S. T., & Riddle, W. E. (1985). Software technology maturation. *Proceedings of the 8th international conference on Software engineering, ICSE '85* (pp. 189–200). Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society Press. Recuperado a partir de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=319568.319624>
- Shaw, M. (2001). The Coming-of-Age of Software Architecture Research. Recuperado a partir de <http://citeseer.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.22.3848>
- Shaw, M. (2002). What makes good research in software engineering. For technology transfer (sttt). Springer berlin / heidelberg, 4, 1--7.
- Shaw, M. (2003). Writing good software engineering research papers: minitutorial. *Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering, ICSE '03* (pp. 726–736). Washington, DC, USA: IEEE Computer Society. Recuperado a partir de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=776816.776925>
- UCI. (2010). Modelo del Profesional y Objetivos de la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas.
- V Taller de Calidad, Ingeniería, Arquitectura y Gestión de Software. (2010). *V Conferencia Científica Uciencia 2010*. Habana. Cuba.

Fecha de recepción: 8/02/2012

Fecha de aprobación: 02/07/2012

